

ITを基盤としたインドの産業発展と 知識型社会を目指した人材育成の動き

BRICsの一角をなすインドは、経済自由化、IT関連産業の発展を通じて急激な経済成長を遂げつつあり、国際的な存在感が急速に高まってきている。2050年までには、インドが世界第3位の経済大国に躍り出ると予測されている。少子化問題を抱える我が国とは対照的に、人口11億人に対し、次世代を担う25歳以下の若年層の割合は50%を超える。豊富な労働力に加え、世界最大の民主主義国家であること、高い英語能力、安価な労働賃金が競争優位の源泉といわれてきた。しかし、これら以上に最も重要と考えられる点は、高い能力を備える人材を持続的に輩出するシステムを備えようとしている点である。

インドの躍進を支えてきたのはソフトウェアを中心とするIT産業であった。2007年度には対GDP比で5.4%を占めると言われている。インドは世界のオフショア市場の6割を占めるソフトウェア大国に成長した。そのインドが次に狙う市場がバイオ産業である。特に、IT産業との親和性が高く、バイオテクノロジーの基盤技術となるバイオインフォマティクスに国を挙げて注力し始めている。多くのバイオインフォマティクスに関するプロジェクトが進められており、研究拠点が設置されている。また、そのためのスーパーコンピュータを整備する動きもある。創薬、診断、治療などのライフサイエンス産業以外にも、バイオ燃料、農業など広範囲に適用される可能性があり、その研究成果が生み出す潜在市場の大きさは計り知れない。

このような産業発展を支えるのは人材である。しかし、世界第2位の人口を誇るインドでさえも、あまりにも急激な経済発展のために必要な人材を十分に確保できていない。人材不足は持続的な経済成長はもとより、国際競争力を高めていく上で大きな障壁となる。そのため、インドは高等教育機関の充実を通じて、産業界とアカデミアの人材ギャップを埋めるべく必要な人材の育成に取り組んでいる。

インドは人材不足に対する危機意識が高く、人材育成および人材確保に積極的である。その理由は、知識型社会としての発展を目指し、新しい時代を開く原動力として人材を捉えているからであろう。インドが目指しているのは、従来の業務アウトソーシングから優秀な人材を基盤とした知識業務のアウトソーシング、更には知識型社会としての発展に他ならない。インドは豊富な若年層の存在に加え、高等教育機関の拡大も着実に推進している。しかし、そのインドですら世界規模で優秀な人材を確保しようとする動きを見せていることに対し、我々はもっと目を向けるべきだろう。

ITを基盤としたインドの産業発展と知識型社会を目指した人材育成の動き

竹内 寛爾

野村 稔

情報通信ユニット

1 はじめに

18世紀には蒸気機関が産業革命をもたらしたといわれているが、その動力は、石炭、石油のような化石燃料であった。しかし時代を経て、社会の変革をもたらす動力は化石燃料ではなく、知識(knowledge)へと変化しつつある。世界の知識供給源となる戦略を打ち立て、次世代における競争力の優位性を確保しようとする動きを見せているのが、同じアジアに属するインドである。

BRICsの一角をなすインドは、経済自由化、IT関連産業の発展を通じて急激な経済成長を遂げつつあり、国際的に存在感が急速に高まってきている。2032年頃に、インドが世界第3位の経済大国に躍り出るという予測がある¹⁾。また、2006年にまとめられたBRICs諸国をはじめとする急成長地域に本拠を置く新興企業100社を調べた報告書²⁾によると、既にインド企業は21社にのぼり、そのうち7社が、「技術力を

世界のイノベーションに発展させた企業」に分類された。インドの潜在能力はすでに世界が認めるところである。

少子化問題を抱える我が国とは対照的に、インドは人口11億人に対し、次世代を担う25歳以下の若年層の割合が50%を超える。豊富な労働力に加え、世界最大の民主主義国家であること、高い英語能力、安価な労働賃金が競争優位の源泉といわれている。しかし、これら以上に最も重要と考えられる点は、高い能力を備える人材を持続的に輩出するシステムを備えようとしている点である。

インドと我が国の関係を科学技術の視点でみると、1985年には日印科学技術協力協定が締結されたが、それ以降、両国の関係に目立った動きはなかった。しかし、ここ数年、両国首脳の訪問が相次いで実現した。2007年8月には内閣総理大臣がインドを訪問し、「新次元における日印戦略

的グローバル・パートナーシップのロードマップに関する共同声明」が出され、両国の科学技術分野(情報通信技術、ナノテクノロジー、生命科学、宇宙)における協力の枠組みが再確認された。また、2006年12月には生命科学の分野で(独)理化学研究所とインド科学技術省との科学技術協力覚書が締結されるなど、従来から一歩踏み込んだ関係も構築されつつある。このように両国の関係は急速に深まりつつある。

このような背景を踏まえて、本稿では、インドにおけるIT分野の発展を概観した後、ITとの親和性が高く、かつ巨大な潜在市場を創出する可能性を秘めているバイオインフォマティクスの動きをまとめる。さらに、知識型社会を目指すインドにとって、持続的発展を支えるのに欠かせない人材に対する取り組みが、産学官の様々なレベルで実行されていることについて述べる。

2 インドのIT産業

2 - 1

ソフトウェア産業の強さ

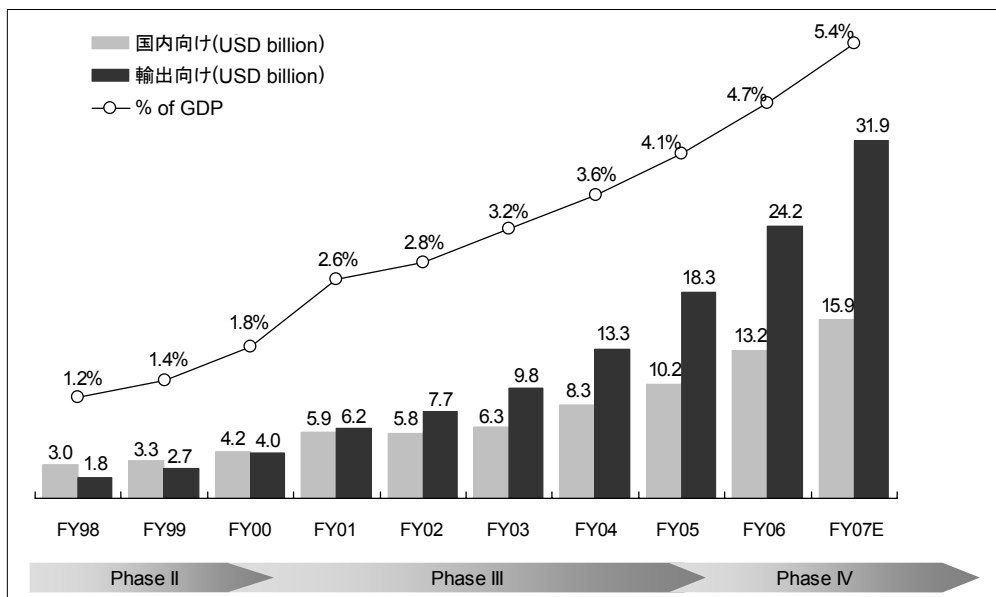
インドの躍進を支えているのはソフトウェアを中心とする

IT-BPO(IT及び業務プロセスアウトソーシング:IT産業)^{注1)}である。そのうちハードウェア関連は産業全体のわずか20%足らずであり、残り全てはソフトウェア及びサービス関連が占める。イ

■用語説明■

注1 インド・ソフトウェア・サービス企業協会(NASSCOM)の定義によれば、IT services、BPO(Business Process Outsourcing)、Engineering Services and R&D、Software Products、Hardware領域全てを含む産業。本稿ではIT産業とほぼ同意とする。

図表1 インドIT産業の市場規模と対GDP比の推移（*2007年度は推定値）



※ ハードウェアを含む。各 Phase は図表 2 に対応。

出典：参考文献³⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表2 インドのソフトウェア業務形態の変遷

| 年代 | 発展段階 | 業務形態 | 主な業務場所 | 備考 |
|-----------|-----------|--------------|--------|------------------------------------|
| 1985-1995 | Phase I | 欧米企業の下請け | オンサイト | 低コストが魅力 |
| 1995-2000 | Phase II | 下請けから開発業務へ | オンサイト | 品質、生産性も認知される |
| 2000-2005 | Phase III | セキュリティの高い開発も | オフショア | セキュリティの高さも認知される |
| 2005～ | Phase IV | グローバルな開発へ | オフショア | コスト、生産性、品質、セキュリティに加え、イノベーションが期待される |

科学技術動向研究センターにて作成

ンドは世界のソフトウェア大国に成長した。

図表1はインドIT産業の市場規模と対GDP比の推移を示している。IT産業の市場全体が成長を遂げているが、特に輸出向けに注目すると、1998年度の18億ドルから2007年度にはおよそ18倍となる319億ドル規模に達する見込みである³⁾。これは全世界におけるIT-BPOのオフショア（海外への業務委託）のおよそ6割に相当する。その結果、2007年度にはIT産業は対GDP比で5.4%を占めるものと予想されている³⁾。

特にハードウェアを除いたソフトウェア及びサービスは年率30%以上の勢いで成長し、その約80%が輸出され、インド最大の輸出産業となっている。2006年度の輸出内訳は、米国向けが67%、欧州向けが25%（英国が15%）であり、輸出相手のほとんどは英語圏である。日本向けはわずか1.5%にすぎない⁴⁾。ハードウェアを除いたソフトウェア及びサービス分野において、高度な専門性を持った人材の直接雇用数は、1998年度の19万人から2007年度には163万人に達する見込みであ

る³⁾。直接雇用以外にも裾野の雇用人数を考慮する必要があるものの、人口のわずか0.2%以下の人々によってGDPの5.4%が創出されている計算である。

現在のソフトウェアおよびサービスの内訳は、欧米からの業務アウトソーシングが主流で、カスタムアプリケーション開発、アプリケーション管理を行なうITサービス、次いでコールセンターなどの顧客対応、財務会計、人事管理などITを用いたバックオフィス業務である。

インドのソフトウェア業務形態は時代とともに変化し、大きく4つのフェーズに分類することができる（図表2）。1995年頃までは主として欧米企業の下請けが専門で、その魅力は低コストであった（Phase I）。しかし2000年頃になると、ただ単に安いだけではなく

品質、生産性の高さが認知され、単なる下請けから開発業務が増加した（Phase II）。2005年頃になると、コスト、品質、生産性に加え、顧客データのようなセキュリティの高い情報を扱う業務に対しても安心して発注できる信頼を得ると同時に、これまでは依頼元企業に出向くオンサイトの業務形態からインド国内でソフトウェア開発業務を行なうオフショアが主流になってきた（Phase III）。これは開発オーバーヘッド費用を削減するとともに、インド企業がクライアントから信頼を得た証拠でもあった。業務形態の変化に同期して、2000年ごろを境に国内向けと輸出向けの反転がみられる（図表1）。そして、2005年以降、例えば多国籍企業の世界各国の支店システムを統一するような世界規模の大型システム開発の受注が増加するな

図表3 海外大手企業によるインド拠点への投資例

| 企業名 | 投資期間と投資額 |
|----------------|--------------------------------------|
| 米 IBM | 2006～2009年に60億ドル |
| 米 Microsoft | 2005～2009年に17億ドル |
| 米 Cisco | 2006～2009年に11億ドル |
| 米 Intel | 10億ドルの投資(インドベンチャーファンドへの投資2.5億ドルを含む) |
| 独 SAP | 2000万ユーロ |
| 米 Dell | 2006-2009年に3000万ドル |
| 独 BOSCH | 今後3年間に2億ドル |
| 米 Boeing | 整備関連施設に1億ドル、シミュレータ等の訓練支援設備に8500万ドル以上 |
| 仏 EADS(Airbus) | 今後15年間に26億ドル |

出典：参考文献³⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

ど、インド企業が担う役割の重要性が高まりつつある(Phase IV)。

今後も成長基調はしばらく続くとみられ、2010年にはIT産業の輸出額が600億ドルを超えると試算されている⁴⁾。

インド政府の現在の研究開発投資額は欧米、中国に比べて非常に少なく、インド情報通信省の予算は他分野と比較してさらに少ない。しかし、インドがアウトソーシングにより世界から研究開発を受託することにより生じる市場は、2003年には13億ドルであったが、2010年には91億ドル程度まで拡大すると予想されている⁵⁾。インド全体の研究開発投資額は一見するとまだ少ないが、ここ数年、エンジニアリングと称するCAD/CAMを用いた構造解析や組込みソフトウェア、あるいは研究開発といった高度な委託業務が増加傾向にあり、実質的に、海外からの研究開発アウトソーシングがインドの研究開発を支援する構図になっていることに留意する必要がある。最近では、海外の大手企業がインドを研究開発拠点と位置づけ、知識業務プロセスをアウトソーシングする動きが目立ってきている(図表3)。

2 - 2

IT産業発展に影響を与えた米国指向

インドがIT産業を目指した理

由は、選び抜いた結果ではなく、むしろ消去法による選択だったようである。

1980年代当時のインドは、インフラが乏しく、主な国内産業といえば農業、鉄鋼業などしかなかった。一方で、学ぶことに対しては尊重される風土があり、特に数学を基礎とする理工系のバックグラウンドを持つ人材が数多くいた。ITは大規模なインフラを必要とせず、理工系人材を生かす数少ない選択肢のひとつだったのである。加えて、インド特有の国内事情がIT産業への人材流動性を加速させることとなる。インドIT産業は当初より、海外市場に焦点を当てていたため、実力主義が自然の流れであった。IT産業を志せば、従来固定化されていた人生の規定路線から脱却し、活躍できる機会を得ることにつながった。こうして優秀な人材がごく自然にIT産業に集中し、世界から高い評価を得て、今日の発展につながっている。

目覚ましいIT産業の発展を遂げてきたインドは、今日に至るまで常に米国をビジネスの対象として指向してきたと言えるだろう。前述のように、ソフトウェアおよびサービスの輸出のおよそ7割が米国向けである。その背景には、両国とも英語を主要言語としていること、米国で最先端のITあるいは学問を学ぶため、米国の大学に多くのインド人学生が留学したことが挙げられる。2006年、

米国に留学するインド人学生は全体で76,000人に上り、米国から見てインドは最大の留学生供給国となっている⁶⁾。さらに、その74%が大学院に在籍しており、インドの頭脳が、ソフトウェアに限らず米国の最先端研究の多くを担っている。

留学生の多くは米国で仕事に就き、努力の結果、やがて社会に受け入れられ高い地位を得るに至った⁷⁾。最近ではこれらの人材がインドへ帰国し、さらにインド国内企業あるいは在印米国企業へと優秀な人材の頭脳還流が起こっている。正確な数値の把握は難しいが、2003年から2004年の2年間でインド系米国滞在者がインドに戻ってきた推定人数は、1万人から4万人に及ぶと言われている⁸⁾。インドは低コストで労働力を確保できることもさることながら、優秀な人材が米国の生活、商習慣、開発手法までも身に付けていたことは、実際のビジネスを進める上で米国企業にとって大きな魅力となった。このような意味で、インドと米国の関係は一層強化されつつある。

インドが米国を注視している一例として、積極的なソフトウェア品質認定取得が挙げられる。米国ではソフトウェアの業務委託時にCMM^{注2)}(Capability Maturity Model：能力成熟度モデル)をはじめとした、品質に関する認証を重視する傾向がある。CMMにおいて最も難易度が高いとされるレベル5を取得している企業は全世界で120社あるが、そのうち90社をインド企業が取

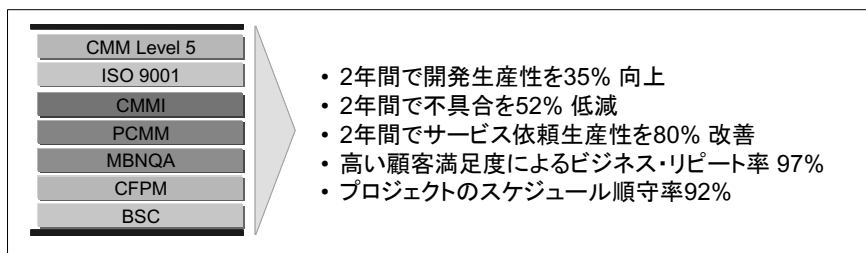
■用語説明■

注2 能力成熟度モデル。ソフトウェア開発のベストプラクティスを体系化・普及を目指し、米国国防総省の支援を受け、米カーネギーメロン大学にソフトウェア工学研究所(SEI)が設置され開発したものの。プロジェクト組織が能力成熟度別に5段階に規定されている。

得している。それ以外にも、インドの多くの企業では、米国企業が外国企業に業務委託する際に重視する各種の品質認定も併せて取得している(図表4)。これらの認定取得が、そのままソフトウェアの品質を保証するものであるかという点に関しては様々な見解があるが、少なくとも取得が困難といわれている各種品質認定を数多くのインド企業が取得しているのは事実であり、業務獲得の助けとなっていることも事実であろう。

上記の品質へのこだわりは一例

図表4 インド大手ソフトウェア企業における品質向上取り組みの事例



※ CMMI：能力成熟度モデル統合版、PCMM：人材能力成熟度モデル、MBNQA：マルコム・ボルドリッジ国家品質賞、CFPM：クロス・ファンクショナル・プロセス・マッピング、BSC：バランススコアカード

出典：参考文献⁹⁾

にすぎないが、インドが教育の面でも、ビジネスの面でも常に米国レベルを指向していたことが結果的に世界に通用するレベルの実力を身につけることとなった。

米国がインドに対して、世界基準の実力を養成し、それがインドのIT産業を発展させたのだと言い換えることもできる。

3 IT産業の次を狙うバイオインフォマティクス

バイオテクノロジー分野は、我が国をはじめ欧米においても、積極的な研究開発投資がなされている。その中で、当該分野の基盤技術と期待されているのがITと親和性の高いバイオインフォマティクスである。

世界的なバイオテクノロジーの潮流は、High Throughputと呼ばれる網羅的なデータ計測が主流となり、得られるデータ量は膨大になってきている。それを計測・解析するには、もはや人間の能力の限

界を遥かに超え、情報技術に頼らざるを得ない領域に達している。

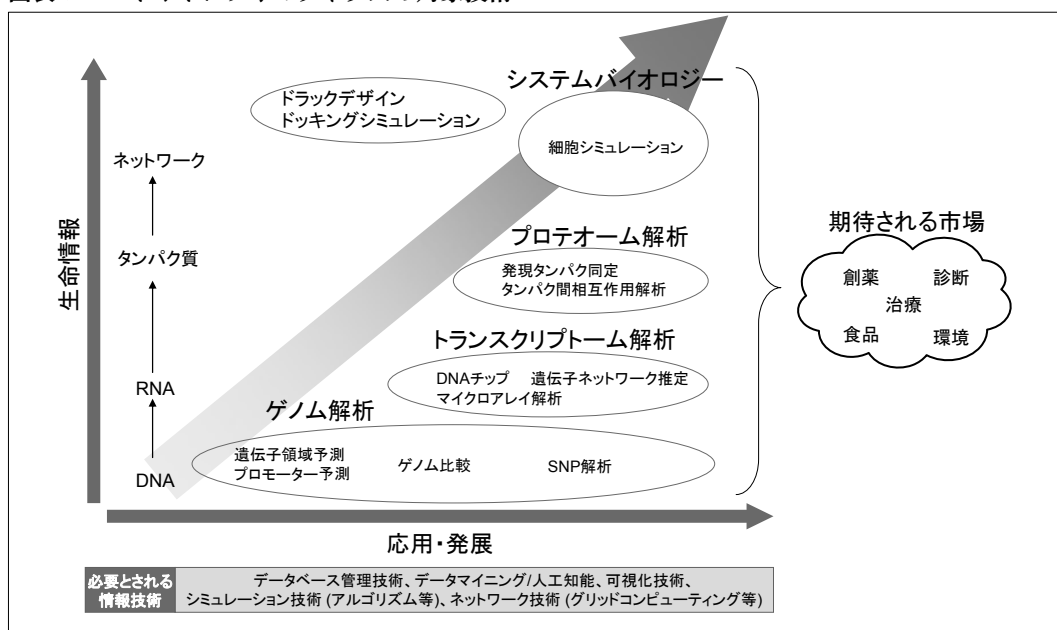
バイオインフォマティクス(生命情報科学)は、このような課題に取り組むために、生物科学と情報科学の境界に生まれた新しい科学技術の学問分野である¹³⁾。事実、近年では外部の膨大かつ多様なデータベースを利用し、数学を応用した網羅的な解析技術など、情報技術を駆使することによって新たな知見が得られる場面が急増している。

図表5はバイオインフォマティ

クスが対象とする技術を生命情報と応用・発展の軸で示している。ポストゲノム時代に突入し、市場化に至るにはより多くの生命情報を取り扱わなければならない。生命情報の増加に対し、シミュレーション技術(アルゴリズム等)、データベース管理技術などの情報技術がバイオロジーを支援する形でバイオインフォマティクスの研究が進められている。

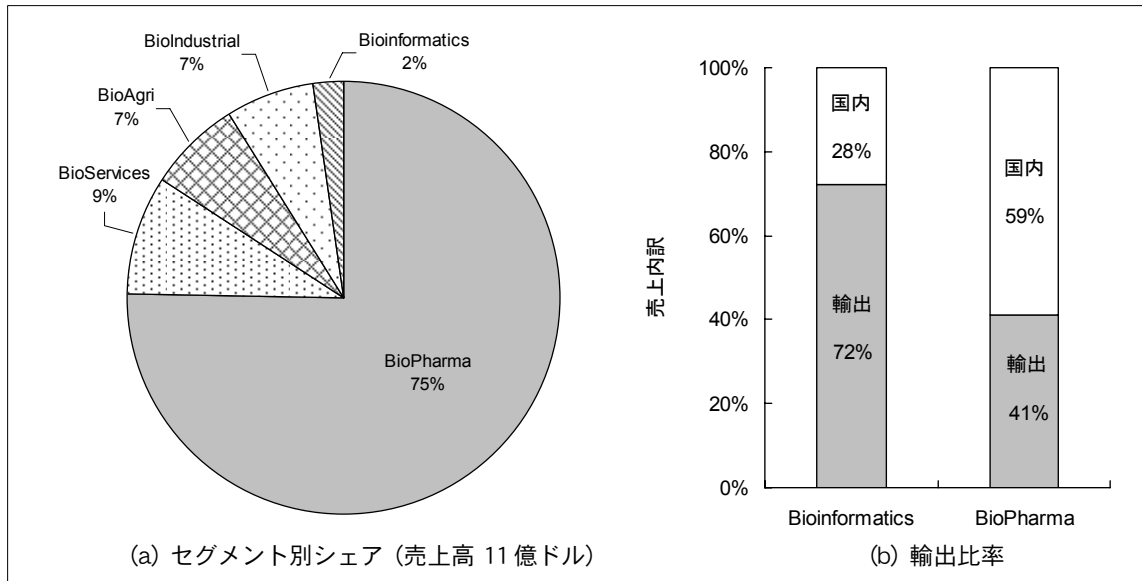
バイオインフォマティクスはバイオテクノロジーの基盤技術とし

図表5 バイオインフォマティクスの対象技術



出典：参考文献¹⁴⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表6 インドバイオ産業のセグメント別シェアと輸出比率 (2004-05)

出典：参考文献¹⁵⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

て位置づけられ、創薬、診断、治療などのライフサイエンス産業以外にも、バイオ燃料、農業など広範囲に適用される可能性があり、その研究成果が生み出す潜在市場の大きさは計り知れない。世界のバイオインフォマティクス市場は、2001年の7億ドル程度から、2010年には20億ドル規模に達する^{10, 11)}とみられており、この領域は将来的な成長が期待できる。

科学技術動向誌でも過去2回にわたってバイオインフォマティクスの動向について報告してきたが、いずれも対欧米の視点によるものであった^{12, 13)}。以降では、まだ市場としての存在感は小さいが、IT産業の強みを活用でき、かつ将来的な成長が期待されているインドのバイオインフォマティクスに注目し、その動向について述べる。

3 - 1

バイオインフォマティクスへの注力

図表6は2004-05年のインドバイオ産業のセグメント別シェアと輸出比率を示している。2004-05年のインドにおけるバイオテクノロジー関連の市場規

模はおよそ11億ドルであった。セグメント別ではジェネリック医薬品に代表されるBioPharmaが大部分を占めていた。ジェネリック医薬品の市場規模は確かに大きい、この領域は特許の期限切れを迎えた成分をいかに合成し、かつ安価に提供するのが重要で、科学技術に根ざした研究開発の重みは少ない。他方、バイオインフォマティクスはセグメント別のシェアは2%程度で小さいが、国内向けが6割のBioPharmaとは違い、輸出向けが大部分を占めることから、インドのバイオインフォマティクスの技術力は海外市場で高く評価されているのがわかる。

このようにインドはバイオインフォマティクスが秘める潜在市場の大きさと、高い国際競争力を有するIT産業との親和性を強みとして、バイオインフォマティクスに注力し始めている。2002年から2007年までの国家戦略を定めた第10期5カ年計画においては、情報技術分野でバイオインフォマティクスの研究開発の必要性が説かれ¹⁶⁾、現在策定中の第11期5カ年計画のワーキンググループの議論にもその重要性が強調されている¹⁷⁾。また、2002年に、ソフト

ウェア・サービス企業協会であるNASSCOM^{注3)}も、バイオインフォマティクスを今後のIT産業における新興セクターのひとつと位置づけている¹⁸⁾。

しかしながら、インドのバイオインフォマティクスはビジネスとしては緒についたばかりである。まだ、市場規模は小さいながら、2004年度の2,300万ドルから、2006年度には3,300万ドルと年率20%以上の成長を記録した¹⁵⁾。

3 - 2

黎明期における取り組み

インドにおけるバイオインフォマティクスは、1986年頃のタンパク質の構造解析の研究が始まりだと言われている⁷⁾。これは、バイオインフォマティクスという言葉が使われる10年前のことである。インドは現代生物学における情報技術の重要性をいち早く認識し、1986年にバイオテクノロジー局の主導で国内主要研

■ 用語説明 ■

注3 インド・ソフトウェア・サービス企業協会(National Association of Software and Service Companies)。1,100社以上のメンバー企業(うち250社は海外企業)からなる業界団体。

究機関を結ぶ” Biotechnology Information System Network (BTISnet)”を開始した。このネットワークは時代とともに拡張を続け、現在も 61 研究機関を結び研究者のトレーニングやシミュレーションなどに利用されている。

また早くも1987年にはプネ大学において、バイオインフォマティクスの修士コースが設置されている。インドがこの時代にすでにバイオインフォマティクスの重要性に気づき、インフラが十分とはいえなかったであろう環境でネットワークを構築するだけでなく、人材育成にも力を入れていたことは、驚くべきことである。その後、各大学にも専門コースが設置されるようになるが、1980年代当時、国内には当該分野の市場はほとんどなく、当初から海外に目を向けて人材育成をする姿勢があったと推測される。

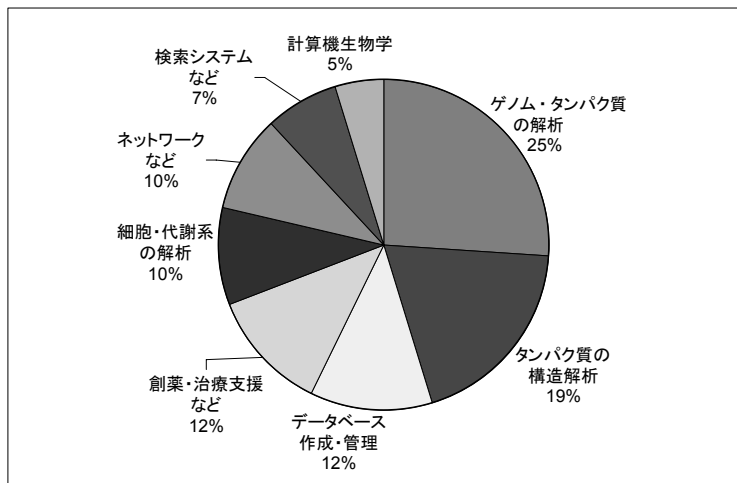
3 - 3

近年の研究動向

早くからバイオインフォマティクス研究に注力した結果、現在欧米のバイオインフォマティクス研究の中心的あるいは指導的立場に、多くのインド出身研究者が活躍するに至っている⁷⁾。

インドにおけるバイオインフォマティクス研究の状況を把握するために、インド科学技術省バイオテクノロジー局 (DBT) が管轄する現在進行中のバイオ関連プロジェクトのデータベース¹⁹⁾を調査した。その結果、バイオインフォマティクスに関係するプロジェクトは42件ある。公開されているデータベースにはプロジェクト内容の記載がないためタイトルからの推測であることに留意する必要があるが、ゲノム・タンパク質の解析、タンパク質の構造解析が半数程度を占め、次の

図表7 インド科学技術省バイオテクノロジー局が管轄するバイオインフォマティクス関連プロジェクトの内訳



科学技術動向研究センターにて作成

図表8 バイオインフォマティクス分野におけるインドの研究拠点

| 拠点名 | 所在地 | 注力分野と特色 |
|------------------------|-----------|--|
| Bose Institute | Kolkata | 分子モデリングおよび遺伝子工学、特にタンパク質構造および結合解析、ゲノム、薬剤標的など。 |
| IISc | Bangalore | 構造バイオインフォマティクス、分子設計など。 |
| Jawaharlal Nehru UNIV. | New Delhi | ゲノミクス。計算機バイオロジーおよびバイオインフォマティクス分野の工学修士、計算機バイオロジーの PhD プログラムを用意。物理、数学など異分野のポスドクトレーニングコースがある。 |
| Madurai Kamaraj UNIV. | Madurai | 遺伝子工学および構造バイオインフォマティクス。人材開発トレーニングに特色。海外との共同研究が多い。 |
| UNIV. of Pune | Pune | 計算生物学およびゲノミクス。計算機、通信インフラが充実。2大データバンク AVIS、VIRGEN を開発・設置。 |

出典：参考文献^{20, 21)}を基に科学技術動向研究センターにて作成

でデータベース作成・管理、創薬・治療支援が多くみられる(図表7)。研究機関別では、インド科学大学院大学 (IISc)、インド工科大学 (IIT) が 5 件ずつ、Centre for Cellular and Molecular Biology、マドラス大学が 3 件ずつ採択されている。

バイオテクノロジー局は、これらのプロジェクトの推進以外にも 5 つの卓越した研究拠点 (COE) を選定し、バイオインフォマティクス研究を振興している(図表8)。各研究機関にて最先端のプログラムが実施されているが、後述するように人材開発を取り入れている点が注目される。

この他、インド大手 IT ソフト

ウェア企業もバイオインフォマティクスを次の成長分野として捉え、自社内にバイオインフォマティクス部門を設立する動きが目立ってきている。

3 - 4

バイオインフォマティクスに特化したスーパーコンピュータ施設

時間の許す限り試行実験を実行でき、さらに従来見落とされていた有益な結果までも拾い直すことが可能となる意味で、シミュレーションがもたらす効果は絶大である。インドのバイオインフォマティクス研究においても

シミュレーション技術は重要な技術として位置づけられている。

特に、計算に要する処理時間が極めて長い問題を扱う科学技術においては、スーパーコンピュータがシミュレーションの鍵を握る。しかし、インドでは日米で見られるような世界最先端のハードウェア性能を追求する動きは見えない。むしろ独自の計算アルゴリズムを開発し、ソフトウェアの性能向上を目指した研究に力点が置かれているようである。計算の高速化には大規模な並列計算が避けられず、ハードウェア単体の高速化による性能の最大化には限界があるため、並列処理によって能力を最大限に発揮する計算アルゴリズムの開発が重要である。数学、アルゴリズムに強いとされるインドは、当該分野において高い競争力を有すると考えられる。

インド国内には科学技術計算用としてのいくつかのスーパーコンピュータが存在するが、バイオインフォマティクスに特化したスーパーコンピュータを持つ2つの施設について述べる。

(1) C-DAC

(Center for Development of Advanced Computing)

C-DACはインド通信情報技術省の情報技術部科学ソサエティとして1988年に設立された先進的情報通信技術を基盤とする研究開発機関である。インドは日本、米国、中国と同様に、自国で商用スーパーコンピュータを開発しているが、C-DACはその母体であり、PARAMというシリーズのスーパーコンピュータをラインナップとして揃えている。

2007年2月、C-DACは6ヶ月以内に、新規にバイオインフォマティクスのアプリケーション専用のスーパーコンピュータを立ち上げることを発表した²²⁾。1.5TFLOPSの計算性能を目指し、まずはインド国内の主要40研究機関を結ぶゲノムグリッドとよばれるネットワークに統合し、次いで産業界とも接続し、相互利用する計画となっている。グリッドは、物理的に離れた計算機システムをネットワークで結合して資源活用するのに有効な手段である。この仕組みを利用すれば、高価な計算

機システム、アプリケーション、膨大なデータなどを多くの研究室、大学で共用して利活用することが可能になるため、コスト負担の削減ができ、新たな研究者の参入障壁を低くすることができる。

(2) SCFBio

(Supercomputing Facility for Bioinformatics & Computational Biology)

SCFBioは2002年、バイオテクノロジー局など複数の機関からの資金援助を受け、インド工科大学(IIT)デリー校に設立された。目的は、ゲノム解析において今までにない科学的な手法および新規ソフトウェアの開発²³⁾にある。シミュレーション結果よりも、むしろその手法の研究に重心が置かれている。このスーパーコンピュータは、米国製モジュールの組合せで製作されており、計算性能は600GFLOPSである。開発したバイオインフォマティクス関連のソフトウェアおよびツールの一部を公開している²⁴⁾。

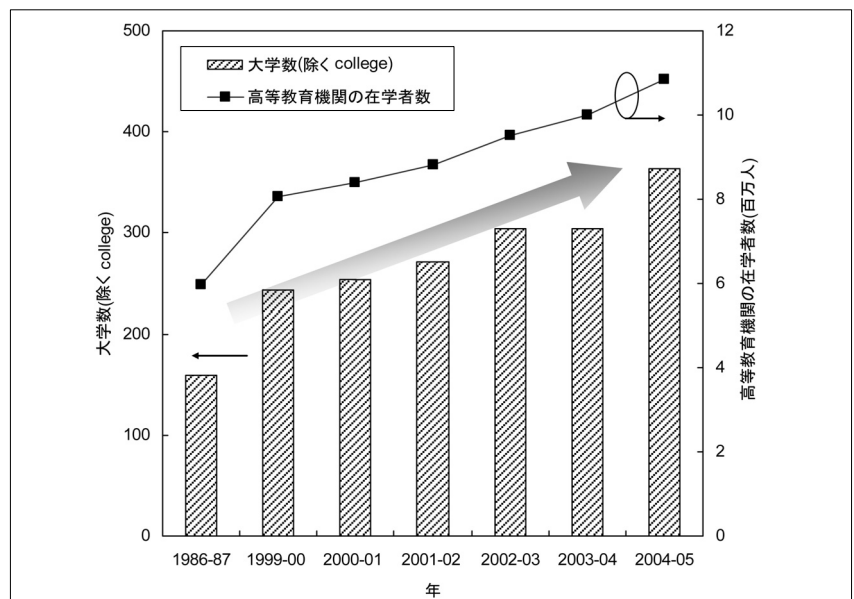
4 産学官による人材育成の取り組み

4 - 1

人材供給システム

インドの急成長を支えているのは高等教育を受けた工学系人材である。図表9は、大学数および高等教育機関の在籍者数の年次推移を示している。インドは、大学(University)とDiplomaの学位を授与するcollegeを高等教育機関に分類している。1986-87年と比較して2004-05年の大学数は倍以上となり、360を超えた。collegeも大学数の伸びと同様に増加しており、その数は2004-05年時点で大学数の

図表9 大学数および高等教育機関在学者数の年次推移



出典: 参考文献²⁶⁾ を基に科学技術動向研究センターにて作成

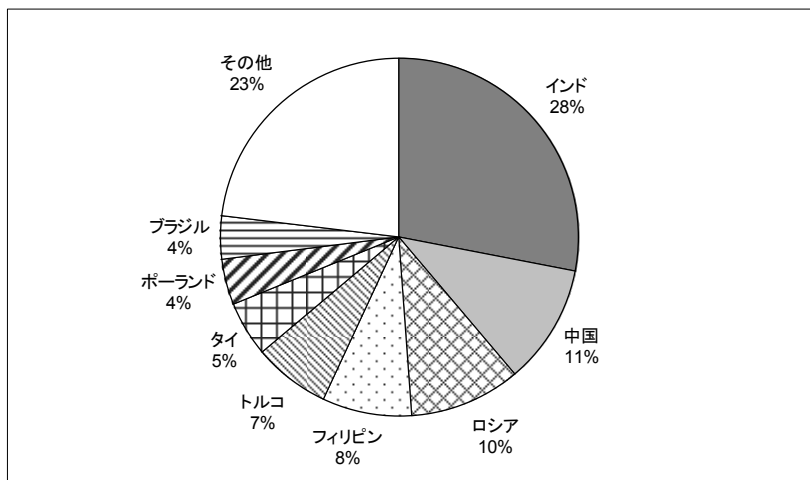
およそ 40 倍以上の 16,000 校にも上り、大学と college の二つを合わせた高等教育機関の在学者数は 1,000 万人を超える。工学系(理学は除く)に限定すると、2007-08 年には 53 万人以上が卒業する見込みで、そのうち 30 万人程度がコンピュータサイエンス、電気電子、通信を専門とする IT 技能者と推定される²⁵⁾。世界の IT オフショア候補先とみられている国々との比較では、インドは 2 位中国の 2.5 倍の工学系人材の供給量を有する(図表 10)。

特に優秀な人材供給の源泉となっているのは、インド科学大学院大学(IISc)、インド工科大学(IIT)、インド情報技術大学(IIIT)などのトップレベル大学であるが、これらの大学の卒業者数は年間 1 万人程度にすぎない。この他に、college と IT 関連の専門学校が多数存在する。したがって、インドの急激な発展を支える人材供給は、量的の大部分は college および専門学校が担っていると考えてよい。

インドにおける高等教育機関と産業界の人材整合性を調査した結果によると、IT 業界が求めるスキルを身につけている即戦力の割合は、技術系新卒の 25%、college 卒業者のわずか 10% 程度に留まると報告されている²⁸⁾。このまま何の対策もとらなければ、2010 年には IT-BPO 関係で 230 万人の雇用に対し、50 万人が不足する見込みである。人材不足問題は IT を基盤とする産業全体に波及するものであり、IT を駆使するバイオインフォマティクスにも影響が及ぶと考えられる。

即戦力の数字自体は、量的には比較的大きいと感じられるが、それでもなおインドは少ないと捉えており、人材不足の危険意識の高さは日本よりも一段と高

図表 10 IT オフショア候補先における専門知識を有する人材割合(2005)



出典: 参考文献²⁷⁾ を基に科学技術動向研究センターにて作成

い。その理由のひとつには、従来からの単なる業務アウトソーシングに代わり、知識業務のアウトソーシングの移行を目指す戦略が背景にあるからである。インドに世界の先端知識を集積することによって、知識型社会へ変貌を遂げようとしているのである。そのように考えれば、人材不足は持続的な経済成長はもとより、国際競争力を高めていく上で大きな障壁となるのは明らかである。

最近の動きとして、インド政府は今後 7 年間に総額 320 億ドルをかけ、新たに 8 つのインド工科大学(IIT)、7 つのインド経営大学院(IIM)、20 のインド情報技術大学(IIIT)に加え、370 校の college を設立する計画を打ち立てており^{29,30)}、高等教育機関の拡充を図ろうとしている。

以下では、その他に現在までに実施されているインドの人材育成に係わる産学官の取り組みに焦点を当て、事例を示す。

4 - 2

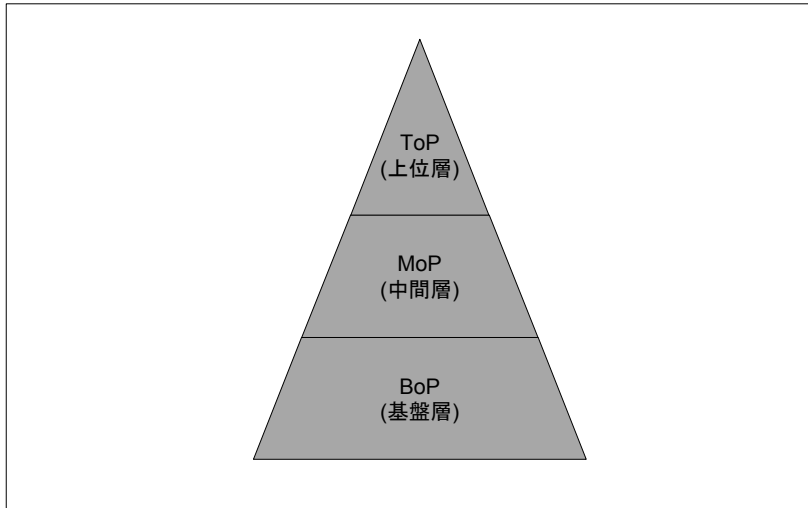
政府と NASSCOM による取り組み

教育政策を担当するインド人材開発省とインド・ソフト

ウェア・サービス企業協会である NASSCOM は、IT 分野においてアカデミアが供給する人材と産業界が期待する人材像の不整合の改善に The Pyramid Approach という考え方で取り組んでいる。このアプローチは、産業界が必須とするスキル別に階層(図表 11)を設け、教育機関のレベルに応じた技術を確実に学ばせる試みである。将来の必要とされるスキルを身につける上位層、実務の中核を担うスキルを身につける中間層、基礎的な技術の修得を目指す基盤層に分類し、IT 人材レベル全体の底上げをはかり、産業界にとって有益な人材プールを構築するのが狙いである。

(1) 上位層(ToP: Top of the Pyramid)の人材育成

直近では必要とされないが、今後 2~3 年後に必要とされるハイエンド技術(バイオインフォマティクス、組込みソフトウェア、製品アーキテクチャー、DSP、VLSI、プログラムマネジメントなど)を身に付ける。インド人材開発省は産業界の協力を仰ぎ、今後数年間に、上記目的に則した研究機関としてインド情報技術大学(IIIT)を 20 校新設する計画である。まずは、2008 年まで

図表 11 インド人材開発省と NASSCOM による人材育成
(The Pyramid Approach)

出典：参考文献³¹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

に5校を設立する予定である。

(2)中間層 (MoP: Middle of the Pyramid) の人材育成

現在、IT産業で主流なスキルとして活用されているにもかかわらず、学生への対応不足が目立つスキルを確実に身に付けさせることを主眼としている。この層は今後、最も人材不足に直面することが予想されている。具体的な施策として、インド人材開発省とNASSCOMはアカデミアに対して以下のプログラムを実施している。

●学生評価基準の導入

業界標準の学生評価基準を導入し、学生に自身の能力を理解させる。また、企業側にとっては学生の雇用適性を測る指標として用いる。

●Finishing Schoolの導入 (試行段階)

工学系卒業生に対し、技術およびソフトウェアスキルを提供するプログラム。入社前に産業界に特化した知識、スキル、マネジメントなどIT業界のコンサルタントから訓練される機会が提供される。企業側から即戦力養成プログラムとして期待され

ているプログラムのひとつ。

2007年5月から8週間程度、IIT Roorkee校を含む8機関により試行中。

●IT人材開発プログラムの実施

産業界とアカデミアのギャップを埋める施策として、ワークショップ、トレーニングプログラムなどを通じて相互理解の場を提供。ファカルティトレーニングワークショップあるいはサバティカルは、教員自身が現状の教授方法や重要領域へのアプローチに気づきを与える良い機会となっている。

(3)基盤層 (BoP: Base of the Pyramid) の人材育成

ネットワーク技術、ハードウェアメンテナンスのような基礎的な技術を身に付けることを目的とする。訓練によって確実に雇用可能な人材にするために業界標準能力検定(NAC: NASSCOM's Assessment Competence)を実施。昨年、Rajasthan州においてNAC試験が先行的に実施され、2,500名が受験した。2007年3月に試験結果が公開され、インド情報通信省と州政府の共催によるジョブフェアが開催された。2007年末

にはインド各地でNACの実施が展開される予定となっている。

4 - 3

大学および研究機関における バイオインフォマティクス 人材育成

バイオインフォマティクスに関する人材育成の一例として、インドはバイオインフォマティクスの研究拠点(COE)に、人材開発に特色を持つプログラムを実施している(図表8)。なかでもJawaharlal Nehru大学は物理、数学など異分野のポスドクをバイオインフォマティクス研究者に転身させるためのトレーニングを実施している点が興味深い。

COE以外にも、全国にある研究機関においてバイオインフォマティクスをツールとして使用できるようにするための研修プログラムを用意し、積極的に当該分野の人材育成を振興している。2005年度実績では、短期トレーニングプログラムが80コース以上実施され、様々なバイオテクノロジー分野において3,000人以上の研究者、教員、学生がバイオインフォマティクスの使用方法を学んでいる²¹⁾。

4 - 4

ソフトウェア企業による 取り組み

(1)産学にまたがる研修プログラム

インド大手ソフトウェア企業のなかには、即戦力となる人材を学生時代に育成するプログラムの他に、海外からグローバルな人材を呼び寄せるいくつかの試みをしているところがある(図表12)。世界各国から将来を担う優秀な人材を呼び寄せ、その国のニーズ、文化をいち早く吸収しようとする意

図がみられる。入社後は、充実した社内研修プログラムを用意し、一度に5,000人の研修が可能な施設を用意している企業もある。多くの場合、業務を離れ数ヶ月にわたる社内研修を受講し、最先端の技能を修得している。

このような人材開発プログラムを大規模に実施できるのは、社内教育専属として数多くの大学教員を正社員に採用したことが挙げられる。また、現職の大学教員がサバティカルを利用し、企業のニーズや最先端の技術を学ぶ制度もある。これは大学教員の再教育を促し、最終的に大学教育に反映され、産学のギャップを埋める働きを担っている。

(2)世界規模の人材獲得の動き

急成長するインドであるが、IT技術者の給与の高騰が問題となっている。インドのIT産業従事者は、すでに他の産業より圧倒的に高い年収を得ているが、最近その上昇が激しい。2004年の実績では、新入社員レベルが年13%、プロジェクトマネジャーレベルが年23%上昇している²⁷⁾。これにインドルピーの高騰が追い討ちをかけ、IT労働力の低コストというメリットが薄れつつある。また、既述のようにインド国内に進出する海外企業が増加し、インド国内で質の高い人材を確保することが以前よりも

図表 12 大手ソフトウェア企業の人材開発プログラムの一例

| プログラム名 | 内容 |
|-----------------------|--|
| Campus Connect | 産業界とアカデミアの関係をより強固にし、IT産業の発展を目指す取り組み（2004年に開始）。産業界のニーズを学生に習得させ、即戦力のIT専門家を育成する技術研修、セミナー等を用意。 |
| Global Talent Program | 特に米国大学の学部生を対象とした人材雇用プログラム。 |
| InStep | 1999年に開始したグローバルインターンシップ制度。年間を通して実施され、これまでに世界中から12,000件の応募実績がある。 |

出典：参考文献⁹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

困難になりつつある。

このような問題の対処に、インド企業は海外に活路を見出そうとしている。そのひとつが、「グローバルデリバリーモデル」の適用である。この考え方は、本来はプロジェクトの最適化を図るための分散マネジメントのフレームワークとされているが、優れた人材の確保の側面が強いと考えられる。インド企業は11億人の人口を有する自国以外からも、世界規模で優秀な人材獲得を加速している。

この適用例のひとつが中国である。

インドはIT人材を豊富に抱え、同じく成長著しい中国との関係を強化している³²⁾。中国はインドと同様、近年IT産業の急発展を遂げ、人材供給量はインドに次いで多いが、IT技術者の年収はインドほど高騰していない。したがって、優れた人材の確保とともに、中国進出している欧米企業からの受注、さらに

は巨大な中国市場に狙いを定め、インド大手ソフトウェア企業が相次いで中国に進出し、大規模に中国展開している。一例ではあるが、すでに上海、北京、大連、広州の拠点に加え、さらに2008年に、南京に開発センター、トレーニングセンター、コンベンションセンター、レクリエーション設備、宿泊施設を備えた2,500人規模のグローバルデリバリーキャンパス(GDC)を開設予定³³⁾としている企業もある。例えば、中国では日本語対応が可能な人材がインドよりも多く確保できるため、中国拠点を足がかりに日本市場を開拓することも視野に入れている。中国にとっては、人材雇用の拡大、インドが持つ高いプロジェクトマネジメント能力の習得につながり、両国の利害関係の一致がみられる。

中国の他には、主に北米のオフショア先となっているブラジルとも同様の関係を構築しようとしている。

5 まとめ

近年のインドの躍進を支えてきたのはソフトウェアを中心とするIT産業であった。インドは世界のITオフショア市場の6割を占めるソフトウェア大国に成長した。インド国内の需要が乏しく、必然的にグローバル市場に目を向けざるを得なかったわけだが、IT黎明期から教育面、ビジネス面で

も世界の先端を走っていた米国を指向したことが現在の好循環を生み出したと考えられる。しかし、世界のIT業界をリードする米国でも認められる頭脳をもつ人材をインドが備えていなければこのような発展はなかっただろう。ソフトウェアの確固たる強みが、現在のインド全体の強みにつながって

いることは間違いない。

そのインドが次に狙う市場が巨大バイオ産業である。特に、IT産業との親和性が高く、バイオテクノロジーの基盤技術となるバイオインフォマティクスに国を挙げて注力し始めている。その研究成果が生み出す潜在市場の大きさは計り知れない。バ

イオインフォマティクスという言葉が使われ始める10年も前に、すでにバイオインフォマティクスの重要性に気づき、インフラが十分とはいえなかったであろう環境でネットワークを構築するだけでなく、人材育成にも力を入れていたことは、驚くべきことである。

このような産業発展を支えているのは高等教育を受けた工学系人材である。しかし、世界第2位の人口を誇るインドでさえも、あまりにも急激な経済発展のために必要な人材を十分に確保することは難しい。人材不足は持続的な経済成長はもとより、国際競争力を高めていく上で大きな障壁となる。そのため、インドは高等教育機関の充実を通じて、産業界とアカデミアの人材ギャップを埋めるべく必要な人材の育成に取り組んでいる。

インドは人材不足に対する危機意識が高く、人材育成および人材確保に積極的である。その理由は、知識型社会としての発展を目指し、新しい時代を開く原動力として人材を捉えているからであろう。インドが目指しているのは、従来の業務アウトソーシングから優秀な人材を基盤とした知識業務のアウトソーシング、さらには知識型社会としての発展に他ならない。インドは25歳以下だけでも5億人以上が存在し、高等教育機関の拡大も着実に推進している。しかし、そのインドですら世界規模で優秀な人材を確保しようとする動きを見せていることに對し、我々はもっと目を向けるべきだろう。

謝 辞

本稿の執筆に当たって、慶應義塾大学 グローバルセキュリティ研究所 アフターブ・セツト教授（元駐日インド大使）、杉本有司助手、拓殖大学国際

学部 小島眞教授、インフォシス テクノロジーズ社 人事部門 Vijay Kumar Chaudhary マネジャー、同マーケティング & ストラテジー部門 安藤穰マネジャー、ウィプロ・ジャパン（株）Harikrishna Bhat代表取締役副社長、Covansys日本支社 Mohan Gopalカントリーマネジャー、（独）理化学研究所ゲノム科学総合研究センター 八尾徹顧問、（独）理化学研究所経営企画部 永島礼二調査役、（独）理化学研究所研究ブライオリティー会議 大須賀壮研究政策企画員のご意見を参考にさせて頂きました。文末にはなりますが、ここに深甚な感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Goldman Sachs, “Global Economics Paper No. 99: Dreaming with BRICs: The Path to 2050” : <http://www2.goldmansachs.com/insight/research/reports/99.pdf>
- 2) The Boston Consulting Group, “The New Global Challengers: How 100 Top Companies from Rapidly Developing Economies Are Changing the World,” (2006 May) : http://www.bcg.com/publications/files/New_Global_Challengers_May06.pdf
- 3) NASSCOM, “Strategic Review 2007”
- 4) NASSCOM, “Indian IT Industry Factsheet(2007)” : http://www.nasscom.in/upload/5216/Indian_IT_Industry_Factsheet_Feb2007.pdf
- 5) 文部科学省科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター 『インドの注目すべき発展と科学技術政策との関係』 2006年8月。
- 6) Institute of International Education, “Open Doors 2006 Country Fact Sheets” : http://opendoors.iienetwork.org/file_depot/0-10000000/0-10000/3390/folder/56369/India+2006.doc
- 7) 八尾徹「科学技術交流」『インドとの新たなパートナーシップ研究委員会報告書』（財）地球産業文化研究所（2007年3月）
- 8) NASSCOM, “Strategic Review 2005”
- 9) インフォシス・テクノロジーズ社 打合せ資料
- 10) <http://biospectrumindia.ciol.com/content/GuestColumn/10506138.asp>
- 11) <http://biospectrumindia.ciol.com/content/BioBusiness/10510114.asp>
- 12) 庄司真理子, 茂木伸一 「バイオインフォマティクスの動向」 『科学技術動向』 No.9, 2001年12月号。
- 13) 乃木篤, 香月祥太郎 「バイオインフォマティクスの技術動向」 『科学技術動向』 No.22, 2003年1月号。
- 14) 特許庁, 『平成16年度 特許出願技

【用語集】

C-DAC : Center for Development of Advanced Computing

DBT : Department of Biotechnology バイオテクノロジー局

DSP : Digital Signal Processor

IIIT : Indian Institute of Information Technology インド情報技術大学

IIM : Indian Institute of Management インド経営大学院

IISc : Indian Institute of Science インド科学大学院大学

IIT : Indian Institute of Technology インド工科大学

NASSCOM : National Association of Software and Service Companies
インド・ソフトウェア・サービス企業協会

SCFBio : Supercomputing Facility for Bioinformatics & Computational Biology

- 術動向調査報告書 バイオインフォマティクス』：
http://www.jpo.go.jp/shiryou/pdf/gidou-houkoku/16life_bio.pdf
- 15) “Biotechnology India Handbook 2005,” BioSpectrum (sponsored by Department of Biotechnology, India)
- 16) インド計画委員会 第10期5カ年計画：http://planningcommission.nic.in/plans/planrel/fiveyr/10th/volume2/v2_ch7_4.pdf
- 17) インド計画委員会 第11期5カ年計画 科学技術ワーキンググループ：http://planningcommission.nic.in/aboutus/committee/wrkgrp11/wg11_subdbt.pdf
- 18) <http://surya.bic.nus.edu.sg/web03/abstracts/web03-bansal.pdf>
- 19) インド科学技術省バイオテクノロジー局プロジェクトデータベース：<http://dbtindia.nic.in/projectsdbt/databasemain.html>
- 20) インド科学技術省バイオテクノロジー局BTISNet: <http://www.btisnet.nic.in/files/coe.htm>
- 21) インド科学技術省バイオテクノロジー局 Annual Report 2005-2006 : <http://dbtindia.nic.in/annualreports/2005-06/Ch-8-eng.pdf>
- 22) C-DAC : <http://www.cdac.in/html/press/1q07/spot596.asp>
- 23) IIT Delhi SCFBio : <http://www.scfbio-iitd.res.in/>
- 24) IIT Delhi SCFBioソフトウェアおよびツール公開ページ：
<http://www.scfbio-iitd.res.in/bioinformatics/bioinformaticssoftware.htm>
- 25) NASSCOM, “Knowledge Professionals Factsheet (2006)” : <http://www.nasscom.in/upload/5216/NASSCOM%20Knowledge%20Professionals%20Factsheet%202006.pdf>
- 26) インド人材開発省高等教育局, “Selected Educational Statistics 2004-2005” : <http://www.education.nic.in/stats/SES2004-05.pdf>
- 27) 世界銀行, “All The World’s A Stage” : <http://siteresources.worldbank.org/INTEDEVELOPMENT/Resources/RandeepSudajn.pdf>
- 28) NASSCOM, “HRInitiatives (2006)” : <http://www.nasscom.in/upload/5216/HR%20initiatives%20July%202006.pdf>
- 29) Nature, Vol 448, pp. 851, 23 August 2007.
- 30) Times of India, 2 August 2007: http://timesofindia.indiatimes.com/Move_for_8_more_IITs_7_IIMs/articleshow/2249600.cms
- 31) NASSCOM, “NASSCOM’s Education Initiatives” : <http://www.nasscom.in/Nasscom/templates/NormalPage.aspx?id=51761>
- 32) 小島眞, 「グローバリゼーション下におけるインド経済の台頭：IT産業を中心に」 『国際協力銀行調査報告書 グローバリゼーション下のアジアと日本の役割』 : <http://www.jbic.go.jp/japanese/research/glb/pdf/05.pdf>
- 33) 印サティヤム社 ニュースリリース (2007年2月8日付) : <http://www.satyam.co.jp/mediaroom/pr070208.html>

執筆者



情報・通信ユニット
竹内 寛爾

科学技術動向研究センター
 特別研究員

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>

●
 光ディスク用高出力半導体レーザーの事業化、光伝送の研究開発に従事。
 現在、情報通信分野における科学技術政策及び価値観の多様化が企業の研究開発戦略に与える影響に興味を持つ。



情報・通信ユニット
野村 稔

科学技術動向研究センター
 技術参与

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>

●
 コンピュータ設計用 CAD の研究開発、ハイ・パフォーマンス・コンピューティング領域、ユビキタス領域のビジネス開発に従事後、現職。スーパーコンピュータ、LSI 設計技術等、情報通信分野での科学技術動向に興味を持つ。